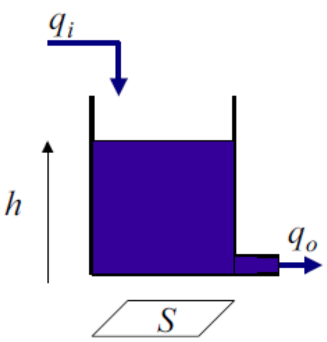
Controlli automatici e controllo dei processi
Docente: Davide M. Raimondo
Prova scritta: 01/03/2013
Durata: 3h

Cognome _________________ Nome _________________ Matricola _________________

Esercizio 1:



h = *livello*
S = *area della sezione (costante)*
q_i = *portata volumetrica d'ingresso*
k = *area sezione efflusso*

Dall'equazione di Bernoulli
$$q_o(t) = k\sqrt{2gh(t)}$$

Si consideri un serbatoio di sezione S=16m^2. La portata q_i è un ingresso del sistema mentre la portata di uscita q_o è funzione dell'equazione di Bernoulli, con k=2 m^2. La vasca è dotata di un sensore che permette di misurare il livello d'acqua contenuta nella vasca (h è l'uscita del sistema).

a. Si scriva il sistema in termini di equazioni di stato e di uscita.

b. Si determini l'ordine *n* = ____________ del sistema

c. Il sistema è non lineare ☐ SI ☐ NO

d. Il sistema è autonomo ☐ SI ☐ NO

e. Il sistema è tempo invariante ☐ SI ☐ NO

f. Il sistema è strettamente proprio ☐ SI ☐ NO

g. Il sistema è SISO ☐ SI ☐ NO

h. Si determini lo stato di equilibrio corrispondente all'ingresso costante q_i=2m^3/s.

i. Si determini il sistema linearizzato attorno all'equilibrio ricavato al punto precedente. Scrivere il sistema linearizzato nella forma matriciale $\delta\dot{x} = A\delta x + B\delta u$ e $\delta y = C\delta x + D\delta u$.

j. Si determinino le matrici di raggiungibilità ed osservabilità del sistema. Il sistema è completamente raggiungibile? E' completamente osservabile? Motivare la risposta.

k. Studiare la stabilità interna del sistema linearizzato (suggerimento: è legata alla matrice A).

l. Si determini la funzione di trasferimento G(s) del sistema linearizzato

m. Si traccino i diagrammi di Bode della G(s)

n. Studiare la stabilità esterna del sistema.

Esercizio 2:

Data la seguente funzione di trasferimento

$$\frac{1}{3 s^2 + 2 s + 4}$$

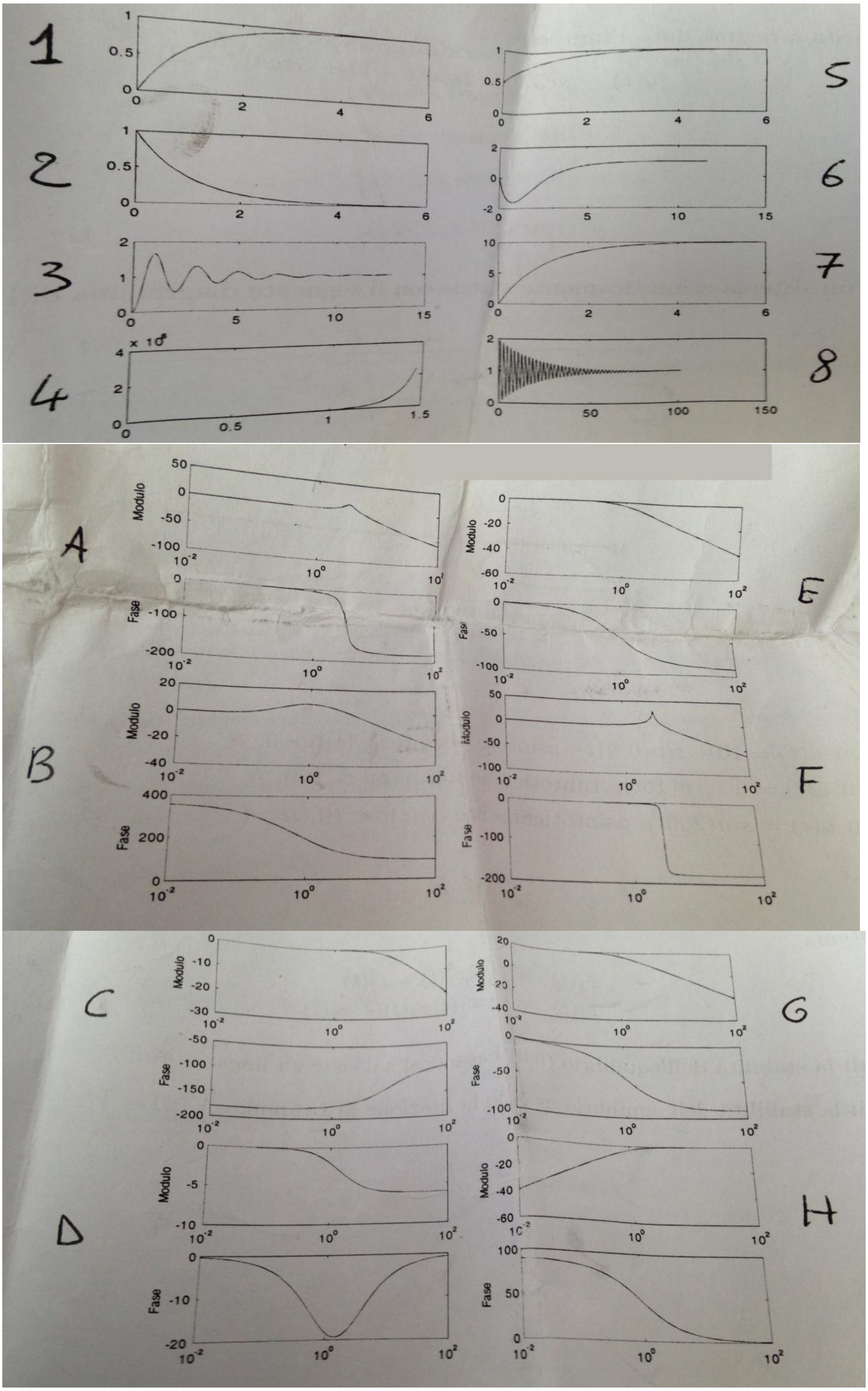
si calcoli l'uscita a regime per un ingresso

$$u_1(t)=3sen(4t)+0.5sca(t)$$

Facoltativo:calcolare l'uscita a regime per un ingresso

$$u_{tot}(t)= u_1(t)+3imp(t-3)$$

Esercizio 3: *Si determini, motivando brevemente, la corrispondenza fra le risposte allo scalino unitario e i diagrammi di Bode riportati sotto.*



Esercizio 4:

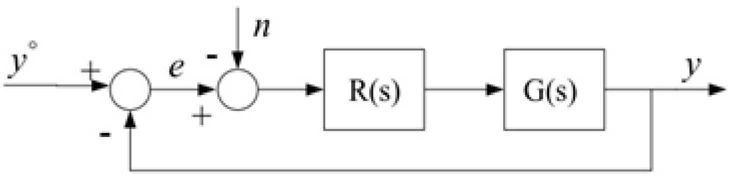
Sia data la seguente funzione di trasferimento

$$G(s) = \frac{1}{s^5 + 15s^4 + 85s^3 + 225s^2 + 24s + 120}$$

Determinare la stabilità del sistema utilizzando il criterio di Routh.

Esercizio 5:

Si consideri il sistema di controllo in figura:



$$G(s) = \frac{1}{(20s+1)(100s+1)}$$

Si determini la funzione di trasferimento del regolatore $R(s)$ in modo che:

(a) l'errore a transitorio esaurito e_∞ verifichi $|e_\infty| \leq 1$ quando $y^o(t) = 10\text{sca}(t)$;

(b) il margine di fase ϕ_m verifichi $\phi_m \geq 75°$;

(c) la banda passante del sistema di controllo sia maggiore o uguale a 0.01 rad/s.

(d) Un disturbo $n(t) = \sin(\omega t)$, $\omega \geq 0.2$ rad/s sia attenuato sull'uscita a regime di un fattore almeno pari a 25.

(e) *Facoltativo:* Si modifichi la funzione di trasferimento del regolatore in modo che i punti a-d precedenti siano ancora soddisfatti ma che il margine di fase sia maggiore di 75° anche in presenza di un ritardo di tempo che modifica la G(s) come segue

$$G(s) = 10\frac{e^{-5s}}{(20s+1)(100s+1)}$$

Esercizio 6:

Dire se le seguenti affermazioni sono vere o false. Punteggio: risposta esatta= 1, errore= −0.5, non risponde= 0.

V *F*

(a) Si consideri un sistema di controllo con funzione di trasferimento d'anello $L(s)$ e retroazione unitaria e negativa. Se $|L(j\omega)| < 0.9$, $\forall\omega \geq 0$ allora il sistema di controllo è asintoticamente stabile.

☐ ☐

(b) La connessione in serie di due sistemi LTI SISO asintoticamente stabili può essere instabile.

☐ ☐

(c) Si assuma che la funzione di trasferimento $G(s)$ sia asintoticamente stabile e verifichi $G(j2) = 2e^{j\pi}$ e $G(j5) = 3e^{-j\pi}$. Allora, per $t \to +\infty$, la risposta a $u(t) = -\sin(2t + \frac{\pi}{2}) + \sin(5t + \pi)$ converge alla funzione $\tilde{y}(t) = -2\sin(2t + \frac{3}{2}\pi) + 3\sin(5t)$.

☐ ☐

(d) Il sistema LTI (A, B, C, D) con $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$ e $C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$ è osservabile.

☐ ☐

(e) Se la risposta all'impulso dell'uscita di un sistema LTI SISO è illimitata allora il sistema è instabile.

☐ ☐

Se un equilibrio di un sistema LTI è asintoticamente stabile allora qualunque movimento di stato del sistema è asintoticamente stabile.

☐ ☐
